

NOTE

SUR LES AVANTAGES DE L'ÉLECTRICITÉ POUR LE FREINAGE DES TRAINS DE MARCHANDISES ET SUR UN PROGRAMME D'UN FREIN ÉLECTRIQUE AUTOMATIQUE

Par L. WEISSENBRUCH

INGÉNIEUR AU MINISTÈRE DES CHEMINS DE FER, POSTES ET TÉLÉGRAPHES DE BELGIQUE

INTRODUCTION.

Progrès de la question du freinage continu des trains de marchandises.

L'application des freins continus aux trains de voyageurs est aujourd'hui presque partout un progrès accompli. Déjà en 1885, à la première session du Congrès des chemins de fer, on constatait que « dix ans avaient suffi pour rendre les anciens procédés d'arrêt de ces trains tout à fait surannés ⁽¹⁾ », et en 1887, à la deuxième session, on pouvait dire que « toutes les lignes importantes du continent européen, de l'Angleterre et des États-Unis, étaient parcourues par des trains munis de freins continus ⁽²⁾ ».

En France, le gouvernement a imposé l'emploi des freins continus à tous les trains de voyageurs des grandes Compagnies. Il en est de même depuis l'année dernière ⁽³⁾

Application générale des freins continus aux trains de voyageurs.

⁽¹⁾ Voir le rapport de M. Huberti sur la question V.

⁽²⁾ — — — — — XII.

⁽³⁾ Voir dans le *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, de janvier dernier, la loi anglaise du 30 avril 1889, relative à la réglementation des chemins de fer.

en Angleterre, où le rapport du matériel à voyageurs freiné au matériel non freiné était d'ailleurs déjà, au 31 décembre 1889, de 96 p. c. pour les machines et de 94 p. c. pour les voitures (1). Ces proportions n'étaient que de 13 et de 19 p. c. en 1878. En Belgique, le chemin de fer de l'État a complété l'appareillage de tout son matériel à voyageurs, et son exemple est suivi peu à peu par les lignes concédées qui ont un trafic de quelque importance; en Allemagne (2), en Italie, en Suisse, en Russie, l'extension des freins continus aux trains de voyageurs se poursuit, et leur application générale n'est plus qu'une question de temps limité; enfin, aux États-Unis, leur emploi est presque universel, comme le constatait l'« Interstate commerce Commission » dans son dernier rapport annuel.

C'est la raison de sécurité qui a déterminé l'application des freins continus aux trains de voyageurs. Mais les Compagnies ont aussi très vite compris qu'aux avantages à résulter pour elles de l'augmentation de la vitesse et de la réduction du nombre des accidents (3), cette innovation était de nature à en ajouter un autre : la diminution des dépenses de personnel des trains.

Objections faites à l'extension des freins continus aux trains de marchandises.

Les seules raisons que l'on invoque encore aujourd'hui en Europe contre l'extension de la même mesure aux trains de marchandises sont :

- 1° La faible vitesse des trains de marchandises;
- 2° La difficulté de trouver, pour des trains de 50 wagons, un frein continu répondant à toutes les exigences techniques;
- 3° La nécessité d'une action commune de la part des très nombreuses Compagnies

(1) Au 31 décembre 1889. (*Return of the Board of trade.*)

(2) Voici, d'après des chiffres officiels, le nombre des véhicules munis de freins continus aux chemins de fer de l'État prussien :

	Locomotives.	Voitures.	Fourgons et wagons.
Freins à air comprimé	2,213	7,865	2,795
— à vide	179	625	123
— à contrepoids	600	1,500	396
	<u>2,992</u>	<u>9,990</u>	<u>3,314</u>

(*Zeitung des Vereins*, du 10 août 1890.)

(3) M. F. T. Haggard, de Tunbridge Wells, statisticien anglais bien connu, a comparé les parcours des trains sur quatorze des principales lignes de chemins de fer anglais, avec le montant des indemnités payées à des voyageurs à la suite d'accidents. Son travail s'arrête au 31 décembre 1887. La période de vingt ans qu'il embrasse paraît avoir été marquée par une amélioration progressive très sensible de la sécurité qu'on ne peut attribuer qu'aux mesures prises par les Administrations. Les indemnités payées par 100,000 trains-milles étaient de 449 £ à 421 £ dans la période de 1869-1870 : elles sont descendues à 202 £ en 1882, à 135 £ en 1884 et à 122 £ en 1887.

qui échanent du matériel et la difficulté, dans la période de transition, de l'intercalation de véhicules étrangers;

4° La dépense considérable de capital à faire, dépense qui resterait en partie improductive tant que la mesure n'aurait pas reçu une grande extension et que tous les wagons ne seraient pas munis au moins de conduites d'accouplement.

Malgré les objections que nous venons de rapporter, l'application dont il s'agit a fait dans ces derniers temps des progrès si considérables aux États-Unis, qu'on peut y prévoir son extension générale. En constatant ce fait dans son dernier rapport officiel et en demandant des dispositions législatives pour hâter cette extension, l'« Interstate commerce Commission » résume ainsi les avantages qui ont déterminé un grand nombre de Compagnies à entrer dans la nouvelle voie sans aucune pression des pouvoirs publics :

Extension du freinage des trains de marchandises aux États-Unis. Avantages qui en résultent d'après l'« Interstate commerce Commission ». Déclaration du président Harrison relative au projet d'obligation de la mesure.

« 1° Diminution du nombre des collisions et des accidents de train de toutes espèces, le train pouvant s'arrêter beaucoup plus rapidement qu'avec des freins à main et étant soumis à l'action immédiate et efficace du mécanicien. Les collisions sont aussi prévenues souvent par l'action automatique du frein continu en cas de rupture d'attelage;

« 2° Les effets destructifs d'un déraillement sont grandement diminués, car un déplacement des wagons suffisant pour briser la conduite à air reliant deux wagons applique les freins sur toute la longueur du train et le force à s'arrêter entièrement, même s'il n'y a qu'un ou deux wagons qui ont eu le temps de quitter la voie;

« 3° Les freins continus suppriment la coutume des serre-freins de courir le long de la partie supérieure des wagons, habitude très dangereuse surtout en temps de givre, mais rendue nécessaire par la construction des wagons américains⁽¹⁾.

« Outre qu'ils préviennent les accidents et qu'ils les rendent moins dangereux, les freins continus permettent de rendre les trains plus lourds, d'en lancer un plus grand nombre et de les faire marcher à une vitesse plus élevée. »

L'« Interstate commerce Commission » cite ensuite les obstacles qui s'opposent

(1) Il n'y a pas en Amérique de guérites sur les wagons à frein; de plus, l'irrégularité du service des trains de marchandises les fait séjourner souvent pendant la nuit sur des voies de garage éloignées de toute habitation. Il en résulte que les garde-freins se tiennent habituellement dans un wagon spécial (*caboose car*) dont ils sortent pour aller par les toits des wagons serrer les freins de porte en porte.

encore à l'introduction des freins continus dans les trains de marchandises et qui sont les mêmes que ceux que nous avons rapportés plus haut.

Elle constate que c'est à l'ouest du Missouri, où les trains parcourent de longues distances sans rompre charge, qu'on trouve la plus grande partie des freins de marchandises existants. Il y avait, en décembre 1887, aux États-Unis, d'après M. Westinghouse, 60,000 wagons à marchandises munis de freins continus de son système, soit 6 p. c. environ de l'effectif total (*). Ce nombre aurait augmenté depuis lors de 80,000 wagons environ, ce qui ferait en tout au moins 13 p. c. de l'effectif actuel (1,060,164 wagons au 31 décembre 1889).

A la suite du rapport de l'« Interstate commerce Commission », le président Harrison a dit dans un message, en ouvrant le Congrès des États-Unis, que, d'après lui, il était de la compétence du Congrès de prescrire l'emploi des freins continus automatiques en même temps que des attelages automatiques sur les wagons à marchandises et qu'il serait possible de donner suite à la pétition signée dans ce but par près de 10,000 ouvriers de chemins de fer.

État actuel de
la question en
Europe. Expé-
riences faites
en Allemagne,
en France et en
Belgique pour
le freinage de
trains de 50 wa-
gons

Mais, dira-t-on, le trafic des marchandises aux États-Unis se fait dans des conditions assez différentes de celles qui existent en Europe. Ces trains ne sont en général pas soumis à des horaires fixés d'avance. « Sur l'ensemble des lignes, on compte que les trains irréguliers dont le mouvement est réglé uniquement par le *train despatcher*, au moyen du télégraphe, transportent chaque année la moitié des marchandises expédiées (**). »

On ne peut douter, d'une part, que ce mode d'exploitation ne soit plus favorable aux collisions que le mode européen. Cependant, d'autre part, la moindre vitesse de marche (16 à 23 kilomètres à l'heure, arrêts compris) en diminue beaucoup les dangers. On ne peut donc pas prétendre que la question des freins s'y présente sous un aspect bien différent de celui qu'elle a en Europe.

On commence du reste à le comprendre sur le vieux continent.

Avant 1887, les freins continus à air les plus généralement en usage pour les trains de voyageurs ne pouvaient s'appliquer aux trains de 50 wagons, et par suite à la plupart des trains de marchandises. Depuis cette époque, plusieurs perfectionnements ont été inventés pour résoudre cette grave difficulté technique. Ils sont déjà appliqués en Amérique, comme nous l'a appris le rapport de l'« In-

(*) 956,631 wagons au 31 décembre 1887, d'après le manuel Poor.

(**) *Les chemins de fer en Amérique*, par Lavoine et Pontzen.

terstate commerce Commission », et ils ont donné lieu à des essais en Allemagne et en France, pour le freinage des trains de troupes, qui peuvent avoir 50 wagons, mais dont cependant la vitesse est limitée à 30 kilomètres à l'heure, comme celle des trains de marchandises.

En Belgique, le ministre des chemins de fer a fait, le 16 mai dernier, la déclaration suivante au Sénat :

« L'honorable M. Terlinden a traité la question de savoir s'il ne fallait pas munir les trains de marchandises du frein Westinghouse (ou plutôt d'un frein électrique). Sans doute, ce serait une chose fort utile, mais il en résulterait une dépense considérable. Toutefois, je ne désespère pas d'arriver un jour à l'application du frein continu aux trains de marchandises. C'est une question qui fait l'objet des études de l'administration. »

Le chemin de fer de l'État belge avait, en effet, armé du frein Westinghouse rapide deux trains de 50 wagons fermés. Une commission spéciale, chargée d'étudier la question, a procédé à des essais au moyen de ce matériel les 9, 10 et 11 juillet dernier, et leurs résultats ont été publiés dans un cahier récent de la Compagnie Westinghouse. Enfin, en vertu d'un ordre de service du 10 octobre dernier, les deux trains de messageries équipés circulent régulièrement entre Ostende et Bruxelles.

Lorsque les Administrations de chemins de fer auront définitivement arrêté le programme des conditions à exiger des freins continus pour les trains longs, et que l'on aura trouvé des appareils qui les réalisent pratiquement, il n'y a point de doute que les divers pays ne se résolvent à faire les dépenses nécessaires pour le freinage des trains de mobilisation. Cette première application ne peut manquer d'être étendue aux trains de messageries et ensuite aux trains de marchandises.

Déjà l'on reconnaît en France que ce n'est là qu'une question de temps.

En effet, l'année dernière, dans la discussion à la Chambre des députés du projet de loi pour la sécurité des voyageurs en chemin de fer, M. Gay, commissaire du gouvernement, a fait la déclaration suivante (1) : « Il est certain que dans un temps plus ou moins long, nous arriverons à transporter les marchandises à grande vitesse, ce qui nous obligera nécessairement à faire usage des freins continus. Il n'y a donc, entre les vues des auteurs du projet de loi, M. Delattre et ses collègues, d'une part, et les idées du gouvernement, d'autre part, d'autre différence qu'une

(1) Séance du 8 avril 1889.

question de mesure, qu'une question de temps, d'appréciation des circonstances, et surtout des conditions financières. »

Le *Verein* (Union) des Administrations de chemins de fer allemands accuse des tendances analogues, car en publiant le programme des prix, mis au concours pour le 15 juillet 1891, il a recommandé aux concurrents de porter leurs efforts notamment sur la construction d'un frein économique et pratique en vue de la manœuvre des wagons de marchandises (1).

Augmentation
de la vitesse de
marche des
trains de mar-
chandises.

La tendance à l'augmentation de la vitesse des trains de marchandises signalée par M. Gay a été constatée aussi par M. Bonneau, sous-chef de l'exploitation du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, à la session de Paris (1889) du Congrès des chemins de fer, dans son exposé de la question de l'organisation des trains de marchandises. Citons textuellement : « Au chemin de fer du Nord, en hiver, la vitesse de marche des trains de marchandises est rarement inférieure à 30 kilomètres, et sur les grandes lignes, elle est de 30 à 40 kilomètres; on a des sortes d'express de houille entre les mines et les grands centres de consommation; ces trains partent le soir des mines et arrivent le matin à destination, assez tôt pour que les wagons soient mis en place sur les voies utiles avant le moment où les clients viennent voir quels wagons sont arrivés pour eux et organisent leur enlèvement. Il importe que les marches permettent d'atteindre ce résultat, *car un retard d'une heure suffit dans ce cas pour en perdre vingt-quatre*. Pour le retour des wagons vides, on est aussi quelquefois obligé d'avoir des marches très rapides; en effet, les wagons qui arrivent passé certaine heure dans une mine ne peuvent pas être utilisés pour les remises de la journée et perdent ainsi vingt-quatre heures. »

Ce qui contribue encore à l'accélération des trains de marchandises proprement dits, c'est le remplacement des trains mixtes par des trains légers, plus fréquents et permettant souvent de desservir des points d'arrêt entre les gares.

M. Bonneau rapporte aussi que, sur la ligne de Paris-Lyon, la vitesse des trains directs de marchandises a été portée, depuis 1884, à 36 kilomètres, ce que l'on a pu faire sans augmentation de dépense, *grâce à la construction de machines d'un nouveau type et à l'économie de personnel qui est résultée de l'augmentation de la vitesse de marche* et de la diminution de la durée des garages.

En Angleterre, les trains de marchandises atteignent des vitesses bien plus grandes encore, et quoique la cause première de ce fait réside peut-être uniquement

(1) Voir le *Bulletin* de juillet dernier, p. 103.

dans la concurrence excessive entre les Compagnies, les avantages en sont aujourd'hui pleinement appréciés. Ces vitesses ne sont point l'objet des critiques des hommes de chemins de fer comme le luxe d'express à voyageurs, par exemple. Au Congrès des chemins de fer de Paris, M. Tipping, administrateur du London and North Western, a dit à ce sujet, dans la discussion de la question de la composition des trains de voyageurs :

« Je ne saurais vous engager à nous imiter et à pousser les choses à l'excès. Mais vous pourriez augmenter la vitesse des transports de marchandises. Chez nous, les marchandises partant le soir de Liverpool sont livrées à Londres le lendemain matin à 10 heures. Or, je crois que de Calais à Paris il faut plusieurs jours pour le transport des marchandises. *C'est cependant là un point très important au point de vue du développement commercial d'un pays.* »

On trouve d'ailleurs dans le livre de MM. Foxwell et Farrer, intitulé : *Express trains*, qu'il y a en Angleterre des *express de marchandises* entre Londres, d'une part, et Exeter, Leeds, Manchester, Liverpool et Doncaster, d'autre part. Ces trains ont une vitesse de 23, 26, 28 et 30 milles (48 kilomètres), arrêts compris.

L'objection tirée de la vitesse moindre des trains de marchandises n'a jamais eu, d'ailleurs, qu'une valeur relative. N'était la question de la dépense, des moyens d'arrêt plus énergiques que les freins à main actuels seraient certainement déjà en usage à l'heure présente pour les trains de marchandises, en supposant que l'on ne sentit pas le besoin d'en augmenter la vitesse. Nous ne pouvons mieux faire, à ce sujet, que de citer textuellement l'opinion exprimée en 1876 par M. Couche, dans son *Traité de l'exploitation des chemins de fer* (1) :

« On se tromperait, d'ailleurs, » dit M. Couche, « si l'on voyait dans la plus grande simplicité qu'admettent, que réclament même les freins à marchandises, une conséquence de leur moindre importance. La vitesse des trains de marchandises est faible sans doute, et, à ce point de vue, une puissance relativement moindre de l'ensemble des moyens d'arrêt leur suffit. Mais cette différence de vitesse s'efface en grande partie sur les fortes inclinaisons de profil. D'un autre côté, si, en lui-même, un train de marchandises redoute moins les accidents, les collisions; si, du moins, elles ont moins de gravité pour lui que pour un train de voyageurs, ces

Utilité des freins
de marchan-
dises pour la
sécurité même
indépendan-
ment de la vi-
tesse. Opinion
de M. Couche.

(1) Vol. III, p. 514.

accidents sont souvent réciproques. Si un train de marchandises ne peut être maîtrisé à la descente d'une pente, ou si, à la montée, la rupture d'un attelage laisse partir en dérive une fraction d'un tel train, c'est très souvent un train de voyageurs qui est exposé à en subir les conséquences. Les freins des trains de marchandises, surtout sur les lignes à grand trafic, n'ont donc pas moins d'importance que ceux des trains de voyageurs, et il est indispensable de leur donner, surtout sur les profils accidentés, une puissance suffisante pour toutes les éventualités, sans exagérer, cependant, l'effectif du personnel de conduite (1). »

(1) *L'Engineering* du 15 août dernier a publié la lettre suivante :

Freins continus pour les trains de marchandises. — M. l'éditeur de *l'Engineering*, les journaux du 9 août mentionnent deux rapports relatifs à des accidents de trains de marchandises. Le premier constate que le trafic sur le « London and North Western Railway » a été interrompu pendant plusieurs heures, par une collision de deux trains de marchandises, entre Harrow et Watford. Il en est résulté un long retard dans l'arrivée de la malle à Londres. Le second constate qu'une collision sérieuse s'est produite à la station de Selby, où l'express d'Écosse, qui arrive à la station de King's Cross, a été tamponné par un train de marchandises, allant de Hull à Leeds. Les deux machinistes ont échappé avec peine au danger et l'express a été retardé de deux heures. Les signaux avaient fermé la voie au train de marchandises, mais d'après son conducteur les freins n'avaient pas fonctionné.

Heureusement, les collisions n'ont pas produit de mort d'homme; mais la question se pose de savoir si les Compagnies de chemins de fer ne trouveront pas conforme à leurs intérêts de munir leurs trains de marchandises de freins continus automatiques, analogues à ceux qui sont usités sur les trains de voyageurs. Je pense qu'il serait plus économique d'avoir des freins continus efficaces que ces accidents périodiques; on dit qu'aux États-Unis des trains de 50 wagons sont munis de freins Westinghouse à fonctionnement rapide et que des essais ont été entrepris récemment en France et en Belgique dans le même sens. Si la nécessité de ces appareils de sécurité se fait sentir en Amérique et sur le continent, il est temps que nos directeurs généraux se préoccupent aussi de la question. Il serait intéressant de connaître la somme qu'ont coûté les deux accidents que nous avons rapporté et de savoir combien de wagons on aurait appareillé avec cette somme. Le danger couru par l'express d'Écosse montre d'ailleurs que la sécurité du public voyageur est en jeu et c'est là une raison de plus pour l'adoption d'un frein à action rapide. Agréés, etc.

Un voyageur en chemin de fer.

CHAPITRE PREMIER.

*Avantages de l'électricité au point de vue technique pour le freinage
des trains de marchandises.*

Comme nous venons de le voir, c'est aux États-Unis que l'on a songé tout d'abord à appliquer des freins continus aux trains de marchandises. Il ne sera donc pas inutile de rechercher quels sont les appareils auxquels on a eu recours dans ce pays pour résoudre la question lorsqu'elle s'est posée la première fois.

Tout à l'origine, on avait écarté le Westinghouse à cause de sa complication et le frein à vide comme ne s'appliquant qu'à un trop petit nombre de wagons. Afin de s'affranchir de la nécessité de la continuité, on avait expérimenté des freins pourvus de moyens de serrage automatiques et fonctionnant soit directement par la compression des tampons (comme le système Guérin, essayé en France au chemin de fer de l'État), soit indirectement par la mise en action lors de cette compression d'un treuil à entraînement (comme celui du frein Heberlein).

Ces divers freins se trouvèrent en présence aux essais qui furent organisés à Burlington en 1886, par le *Chicago Burlington and Quincy railroad*, sous les auspices de l'association des « *Master car builders* » (constructeurs de wagons). Dans ces expériences, on chercha pour la première fois à opérer des arrêts d'urgence sur des trains de 50 véhicules, et tous les freins en présence se montrèrent impuissants à les réaliser sans produire, surtout dans les derniers véhicules, des chocs d'une extrême violence causant des avaries considérables, brisant les tendeurs, les crochets et les chaînes d'attelage, faussant les leviers de manœuvre, etc.

Ces inconvénients se montrèrent encore plus violents avec les freins actionnés par les tampons; il se produisit, en effet, avec ceux-ci une série de serrages et de desserrages successifs accompagnés de réactions violentes qu'aucun des inventeurs des trois types présentés ne parvint à corriger.

Pour les freins à air, les chocs furent attribués au manque de simultanéité dans l'action des freins, le temps nécessaire pour le serrage des sabots du dernier véhicule étant de douze à quinze secondes.

L'emploi de l'électricité semblait devoir permettre de réduire considérablement ce délai, et, par suite, d'éviter les chocs. L'expérience vérifia cette prévision et tous les freins du second concours qui restèrent en présence étaient ceux qui employaient des moyens électriques. C'étaient le Westinghouse, l'Eames et le

Premiers essais de freinage des trains de marchandises aux États-Unis. Expériences de Burlington en 1886 et 1887. Emploi de l'électricité par les freins à air pour assurer l'insimultanéité du serrage dans les arrêts d'urgence et éviter les bris de matériel.

Carpenter. Mais, tandis que les deux premiers avaient simplement ajouté des dispositifs électriques permettant d'ouvrir les valves de manœuvre simultanément sur chaque wagon (Eames) ou en quelques points du train (Westinghouse), le Carpenter avait fait un pas de plus, et ses valves de distribution n'étaient plus actionnées que par l'électricité. Elles entraient néanmoins en action d'elles-mêmes, mais uniquement en cas d'accident ou de rupture d'attelages.

Voici un tableau montrant l'importance des résultats obtenus grâce à l'intervention de l'électricité :

Résultats des essais de freinage de 50 wagons vides, faits à Burlington en 1887.

SYSTÈME DE FREIN et MODE D'ARRÊT.	Vitesse par heure.	Chemin par- couru avant l'arrêt.		Temps écoulé entre le serrage et le com- mencement du serrage en queue.		Temps écoulé entre l'arrêt complet et le serrage en queue.		Temps écoulé entre le com- mencement du serrage com- plet en queue.	Déplace- ment de l'impacto- mètre (sidomé- ter).	Chemin parcouru après calage des roues.	Atmosphère remplies.
		Kilomètres.	Mètres.	et le com- mencement du serrage en queue.	et le serrage à bloc en queue.	et le serrage en queue.	et la mise en marche du train.				
West- ing- house	air.	32	65	5	...	14	34	...	1757 à 2020	9.15	2
	électricité	—	42	1/2	3 1/2	36	140	33 1/2	0	2.10	...
	air.	64	212	6	1700	9.15	1
	électricité	—	154	1/2	3 1/2	49 1/2	100 1/2	39 1/2	0	2.10	...
Eames	air.	32	91	11	...	10 1/2	54 3/4	19	409 à 648	70	...
	électricité	—	70	3	9	10 1/4	287	15 1/2	318 à 2315	55	(?)
	air.	64	277	11	17 1/2	19 1/2	107	19 1/2	398 à 603	70	...
	électricité	—	188	2 3/4	7	8	82	8	0	35	(?)
Car- penter	électricité	32	34	1 1/2	4	1 1/2	73	1 1/2	0	1.50	...
	—	64	137	1 1/4	4 1/2	1 1/4	69	1 1/4	0	1.50	...

(?) La dynamo et les appareils électriques causèrent beaucoup d'ennuis.

Ce tableau montre surtout combien l'électricité permet de réduire le chemin parcouru avant l'arrêt et le temps nécessaire au desserrage. Il prouve aussi que la supériorité du Carpenter, franchement aéro-électrique, sur les deux autres freins où l'électricité ne jouait qu'un rôle auxiliaire, s'est affirmée d'une manière bien nette.

Certains défauts se manifestèrent dans le fonctionnement électrique du frein Eames, mais ils ont généralement été attribués à l'imperfection de l'installation, qui n'avait pas été faite sous la surveillance d'un électricien expert.

Néanmoins, il paraît certain que si, d'un côté, aux yeux des personnes qui sont habituées aux freins à air ou à vide et qui redoutent l'introduction de l'électricité, agent nouveau pour elles, l'emploi simultané des deux modes de fonctionnement peut être séduisant, d'un autre côté, il est permis de craindre que les machinistes ne délaissent l'usage du moyen accessoire, occasionnant ainsi, au grand détriment du matériel, tous les inconvénients qui s'étaient produits dans les premiers essais.

Le rapport du comité chargé des expériences conclut en ces termes ⁽¹⁾ :

« Comme nous ne sommes pas en situation de dire quel est le frein pour train de marchandises qui devrait être adopté quant à présent, notre avis est que nous pouvons tirer des derniers essais les deux conclusions suivantes :

« 1° Le meilleur type de frein pour les longs trains de marchandises est un frein actionné par l'air, dans lequel les valves sont manœuvrées par l'électricité;

« 2° Ce type de frein doit posséder quatre avantages distincts (outre l'automatisme) :

- « a) Arrêter le train dans la plus courte distance possible;
- « b) Ne pas produire de chocs ni les avaries au matériel qui en résultent;
- « c) Desserrer instantanément;
- « d) Pouvoir être parfaitement modéré.

« En outre, la question de savoir si l'électricité est un agent sur lequel on peut compter suffisamment pour le service des trains de marchandises, ne peut être résolue que par l'expérience; nous pensons que les avantages que l'on peut retirer de l'emploi de l'électricité sont si manifestes, que l'expérience vaut la peine d'être tentée. En considération de ce qui précède et des perfectionnements que les trains automoteurs et atmosphériques sont en train de réaliser, le comité est d'avis que la question des freins automatiques pour trains de marchandises soit l'objet de nouvelles recherches. »

Ce rapport, tout en se prononçant pour l'emploi de l'électricité, préconise surtout un frein aéro-électrique.

Le sentiment général des ingénieurs assistant aux expériences était cependant, d'après la *Railroad Gazette*, nettement favorable aux freins fonctionnant uniquement

(1) Voir « Report of the proceedings of the twenty-first annual convention of the Master car-builders Association ».

Rapport du comité des essais de Burlington favorable à l'emploi de l'électricité.

par l'électricité à cause des avantages très évidents à résulter de la suppression de la conduite à air. Malheureusement, le seul frein purement électrique qui s'était trouvé prêt à entrer en lice dut se retirer bientôt par suite de la rupture de pièces dont les dimensions, combinées en trop grande hâte, n'avaient pas été suffisamment étudiées.

Progrès réalisés
par les freins à
air depuis les
essais de Bur-
lington.

Depuis les essais de Burlington, les freins à air ont réalisé certains progrès que nous avons à examiner avant d'aller plus loin, afin d'apprécier si l'électricité conserve toujours en principe les mêmes avantages qu'elle possédait à cette époque sur l'air comprimé ou raréfié.

Frein
Westinghouse,
rapide.

M. Westinghouse, qui avait dû se servir, à Burlington, comme nous venons de le voir, d'un appareil électrique afin d'accélérer la sortie de l'air de la conduite générale, a bientôt renoncé à cet expédient et a inventé une nouvelle valve pour la manœuvre rapide de son frein. Cet organe, dit « quick valve », est aujourd'hui trop connu pour le décrire; voici son mode d'action, d'après les publications de la société Westinghouse (1) :

1° Quand il s'agit de « serrer les freins avec toute leur énergie », on produit au moyen du robinet de manœuvre « une forte réduction de pression dans la conduite » ; cette dépression, amenant la triple valve à fond de course, met en jeu les pièces nouvelles de l'appareil qui ont pour objet d'introduire directement et largement l'air de la conduite générale dans les cylindres à frein : on obtient ainsi « une réduction rapide dans la conduite de la valve suivante, laquelle se propage avec une rapidité extraordinaire, amenant un serrage simultané sur les plus longs trains ».

2° Lorsqu'il s'agit de serrer modérément les freins, *comme dans les arrêts ordinaires*, le frein fonctionne exactement de la même manière qu'avec la triple valve ordinaire. Le mécanicien peut, en réglant la réduction de pression dans la conduite, ... introduire graduellement dans les cylindres de freins la pression qu'il désire, et obtenir un serrage *depuis zéro jusqu'à l'effort maximum.* »

Frein Carpenter
rapide et *New
York air brake.*

L'exemple de M. Westinghouse a été suivi par d'autres inventeurs. La *Railroad Gazette* a publié la description du frein Carpenter rapide (2) et plus récemment (3) celle du nouveau frein à air rapide dit *New York air brake*; le fonctionnement

(1) Voir aussi l'article de M. Desdonits dans la *Revue générale des chemins de fer* de juin dernier.

(2) Voir le numéro du 13 septembre 1880.

(3) Voir le numéro du 10 octobre dernier.

de nos deux freins est analogue à celui du précédent. Nous ne nous y arrêtons donc pas davantage.

M. *Boyden* a inventé un frein à air rapide qui est basé sur un principe différent. Les sabots sont normalement maintenus serrés par des ressorts agissant sur l'une des faces d'un diaphragme, sur l'autre face duquel on peut amener de l'air comprimé. Pour appliquer les freins progressivement, on produit une dépression modérée dans la conduite générale en laissant échapper l'air par le robinet du mécanicien. Au contraire, si l'on ouvre brusquement ce robinet, on met en mouvement sur chaque wagon une petite valve qui permet la sortie directe de l'air comprimé. Ce frein, qui se distingue par sa simplicité relative, a l'inconvénient de nécessiter l'emploi de freins à main sur chaque voiture pour régler la pression des sabots au moment du départ ⁽¹⁾.

Frein Boyden
rapide.

M. *Wenger*, dont le frein à air comprimé est adopté par l'État français, a aussi cherché à créer un frein pour les trains de 50 voitures. Son système ressemble beaucoup, au point de vue du principe, au Westinghouse automatique ordinaire. Il s'en distingue surtout parce que la conduite générale a reçu un diamètre intérieur plus large (34 millimètres), que la triple valve contient des ressorts différentiels, destinés à augmenter la modérabilité du frein, et que l'échappement de l'air de la conduite générale est activé sur chaque voiture par un organe qui est appelé *accélérateur* et qui consiste en une capacité normalement isolée de la conduite par un piston qui presse un ressort.

Frein Wenger
rapide.

Si l'on vient à produire une dépression brusque dans la conduite générale, les pistons des accélérateurs se déplacent, une communication s'établit avec leurs capacités, et l'on obtient une forte détente qui se transmet rapidement de voiture à voiture.

L'action modérée s'obtient, comme dans le Westinghouse rapide, en déterminant dans la conduite générale une dépression progressive incapable de provoquer le fonctionnement des accélérateurs.

A la suite des essais auxquels son frein a donné lieu aux chemins de fer de l'État français, M. *Wenger* a abandonné l'emploi des accélérateurs, « estimant », dit M. *Desdouts*, dans un article publié dans la *Revue générale des chemins de fer* ⁽²⁾,

Frein Wenger
à manoeuvre
unique progres-
sive pour trains
de 50 wagons.

(1) Voir le *Génte civil* de décembre 1889 et de janvier 1890.

(2) Voir numéro de juin dernier.

« qu'il importait au point de vue pratique d'avoir un mode unique de manœuvre ». Une rapidité un peu plus grande que dans le frein ordinaire est obtenue en augmentant le diamètre intérieur de la conduite générale, porté à 35 millimètres; mais les chocs sont évités par la disposition spéciale du robinet du mécanicien, laquelle ne permet de produire qu'un échappement progressif de l'air.

Le frein ainsi réalisé n'est plus réellement un frein rapide. En cas de rupture d'un tuyau ou d'un attelage, — accident toujours à redouter, — il se produirait encore des secousses analogues à celles constatées à Burlington.

Frein Soufflet rapide à manœuvre unique.

La double manœuvre des freins rapides Westinghouse, Boyden et New-York provient de ce que l'inventeur s'est borné à augmenter la rapidité du serrage, laissant ce qu'elle était la rapidité du desserrage. Or, ainsi que le montrent les diagrammes relevés dans les expériences de l'État français par M. Desdouts, au moyen de son pendule dynamométrique (voir fig. 1), « la valeur nominale de

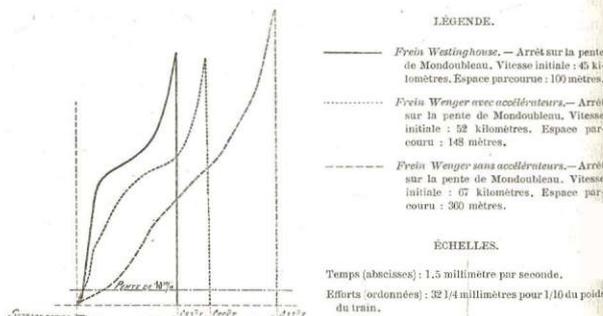


Fig. 1. — Diagrammes caractéristiques des serrages d'urgence exécutés aux chemins de fer de l'État français, avec les freins Westinghouse et Wenger, pour trains de 30 wagons.

N. B. — Les courbes réelles présentent de petites ondulations brusques, qui proviennent uniquement de l'inertie du pendule de l'appareil dynamométrique employé. Elles ont été remplacées par les courbes moyennes qui montrent la progression réelle de l'effort d'enrayage.

« l'effort d'enrayage et par suite les réactions de toute nature qui en résultent, aussi bien pour la tête que pour la queue du train, se produit non au moment où le serrage s'effectue, mais à l'instant même de l'arrêt. Cet effort, dont la valeur dépend des éléments du frein et du coefficient de frottement, donne lieu à des secousses

« plus ou moins violentes, que tout mécanicien soigneux évite dans les trains de longueur ordinaire en desserrant ses freins quelques secondes à l'avance. Mais pour les trains de 50 voitures, lorsqu'on a manœuvré pour le serrage rapide, le desserrage appliqué avant l'arrêt complet pourrait avoir pour effet, à cause de sa propagation trop lente, de rompre les attelages dans la partie milieu du train. Par conséquent, chaque fois que l'on a manœuvré pour le serrage rapide, il devient absolument nécessaire d'aller jusqu'à l'arrêt complet sans chercher à amortir la réaction finale. On ne doit ensuite démarrer qu'avec une très grande prudence, et après avoir laissé un temps suffisant pour que le desserrage s'accomplisse entièrement. Or, le serrage rapide obligatoirement poussé jusqu'à l'arrêt est incompatible avec le service courant, et les manœuvres de toute nature que l'on doit exécuter aux approches des gares et dans les gares (*). »

Pour éviter la double manœuvre sans renoncer à l'action rapide, il faut donc augmenter à la fois la rapidité du serrage et celle du desserrage. C'est ce que M. Soulerin a cherché à réaliser en combinant un distributeur qui, lors de la manœuvre du robinet du mécanicien pour l'arrêt, provoque l'ouverture vers l'air libre de chaque section de la conduite générale afin d'y augmenter la vitesse de propagation de la dépression; la rapidité du desserrage est obtenue d'une manière analogue à laquelle la rapidité du serrage est réalisée dans le Westinghouse, mais en utilisant le travail effectué par la sortie de l'air du cylindre à frein.

Ce frein n'ayant pas été essayé, du moins officiellement, on ne peut apprécier s'il constitue réellement un progrès sur ses congénères. Dans la description donnée par l'inventeur, la double manœuvre, loin d'être supprimée, pouvait avoir lieu au serrage et au desserrage. Quoi qu'il en soit, l'appareil est certainement encore plus compliqué que tous les autres.

Quant aux freins à air raréfié, ils sont, par leur nature même, plus lents que les précédents, puisqu'ils ne disposent que d'une puissance active limitée par la pression atmosphérique, et pour ce motif ils nécessitent déjà des conduites de plus fort diamètre. Nous croyons qu'il n'y a que le frein de la *vacuum Brake Co.*, dont l'inventeur, M. Clayton, se soit préoccupé d'activer le serrage. Dans ce but, il place à côté de chaque valve à boulet ordinaire une seconde valve activant la rentrée de l'air quand le mécanicien ouvre brusquement et complètement son robinet de manœuvre.

Freins à air raréfié.

(*) Note de M. Desdouits, citée plus haut.

Il faudrait des essais comparatifs pour juger la valeur réelle de cette disposition; mais en leur absence, il est certes permis de dire, à priori, que la solution doit être rendue moins facile encore que pour les freins à air comprimé, précisément à cause de la puissance limitée des freins à vide.

Progrès réalisés
par les freins
électriques
depuis les essais
de Burlington.

Nous venons de passer en revue les progrès réalisés au point de vue technique par les freins à air depuis 1887. Il nous reste, avant de conclure, à faire la même chose pour les freins électriques.

Frein Achard,
modèle 1885.

Il semble que l'on ait ignoré en Amérique les longues et persévérantes expériences faites en France par M. Achard. En effet, les deux freins employant uniquement l'électricité comme agent de transmission qui s'étaient présentés à Burlington étaient tous deux des freins à entraînement, et ressemblaient à d'anciennes formes du frein Achard depuis longtemps abandonnées.

Il existe cependant depuis 1885 une forme nouvelle du frein de cet inventeur qui se distingue par son extrême simplicité et dont nous ne pouvons nous dispenser de dire un mot parce qu'elle a donné lieu à des essais officiels du chemin de fer de l'État français. Un train muni de ce frein a, de plus, circulé en service régulier pendant trois années (1885 à 1888) entre Tours et les Sables d'Olonne.

L'appareil se compose essentiellement d'un électro-aimant, suspendu comme un pendule en face de l'essieu d'un véhicule. L'électro porte deux pièces polaires cylindriques et qui, lorsqu'un courant le traverse, viennent s'appuyer comme des poulies de friction contre une frette annulaire calée sur l'essieu et servant d'armature. La partie neutre du noyau de l'électro ne porte pas de fils et sert de treuil à la chaîne du frein.

Le courant est produit par une dynamo Gramme placée sur la locomotive et actionnée directement par un moteur Brotherhood.

La chaîne qui commande les leviers du frein passant sur deux poulies de renvoi indépendantes des bielles de suspension, celles-ci reviennent d'elles-mêmes dans leur position verticale, et le frein se desserre dès que le courant cesse de passer et que les pièces polaires cessent d'être aimantées. Si cependant, au lieu d'interrompre le courant, on diminue simplement son intensité, en ouvrant plus ou moins le robinet de prise de vapeur du moteur Brotherhood, on peut *modérer* le serrage, qui est presque proportionnel à l'attraction magnétique de l'électro-aimant (1).

(1) La description complète avec figures a été donnée dans l'exposé de la question des freins électrique à la troisième session (1889) du Congrès des chemins de fer, par E. Sartiaux et L. Weissenbruch. (Voir *Compte rendu général*, p. XI-104 à 108.)

Les essais officiels de l'État français auxquels nous avons fait allusion s'appliquaient simultanément au frein Achard modèle 1885, au frein à vide Smith-Hardy non automatique, au Westinghouse automatique, au Wenger (automatique) et à un frein automoteur du système Guérin modifié par M. Ricour. Les résultats ont été consignés par M. Desdoutis dans la *Revue générale des chemins de fer* (1883, octobre), dans un rapport officiel de M. Ricour, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État français (*Bulletin du Congrès des chemins de fer*, mai 1887), et dans une communication faite par M. Parent, successeur de M. Ricour, au Congrès des chemins de fer en 1885. (*Compte rendu du Congrès de 1885*, p. V-24.)

Voici le diagramme caractéristique produit par M. Parent et résultant des indications du dynamomètre d'inertie de M. Desdoutis :

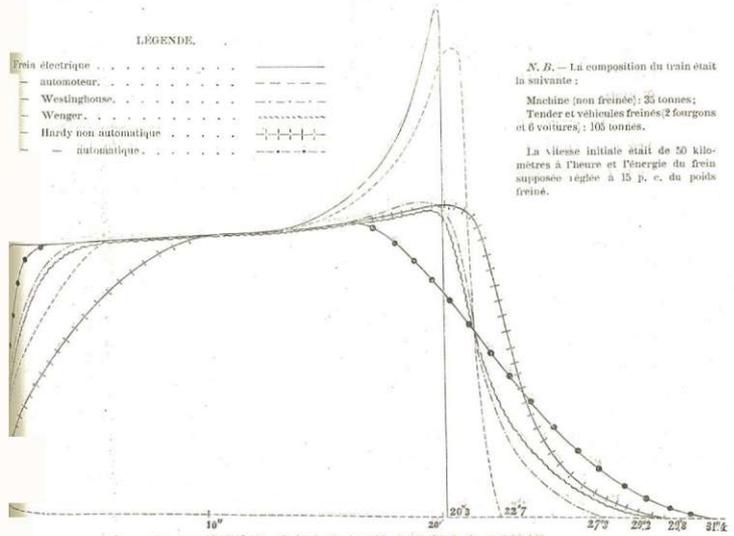


Fig. 1. — Diagramme caractéristique de l'action des divers freins continus.
 Ordonnées ou des efforts d'enrayage : 10 millim. pour 1/100 du poids total du train. Echelle des abscisses ou des temps : 5 millim. par seconde.

Il résulte de ce diagramme que le frein électrique se distingue par la presque instantanéité du serrage; l'instantanéité du desserrage est aussi presque absolue, de telle sorte, dit M. Desdoutis, que *le machiniste peut maintenir la pression des sabots jusqu'au dernier tour de roue de la locomotive et ne la faire cesser qu'un instant avant l'arrêt absolu, sans avoir à craindre de réaction fâcheuse dans l'ensemble du train.* C'est pour ce motif que l'ordonnée du frein électrique peut continuer de s'accroître rapidement et décroître ensuite de même, tandis que celle des autres freins s'abaisse progressivement. Le frein électrique a également été placé en première ligne sous le rapport de la modérabilité et de la moindre dépense de vapeur.

C'est uniquement, ainsi que l'a déclaré M. Parent à la session de Bruxelles, parce que l'État français a des relations spécialement intimes avec les Compagnies voisines ayant adopté des freins à air comprimé, qu'il a choisi le Wenger plutôt que l'Achard.

M. Parent a confirmé l'année dernière, à la session de Paris du Congrès des chemins de fer, la déclaration qu'il avait faite en 1885. Voici exactement ses paroles :

« J'ai donné au Congrès, en 1885, des renseignements sur le frein électrique Achard, expérimenté pendant plusieurs années sur les chemins de fer de l'État français. *Il est résulté des expériences que c'est un bon appareil*; nous lui avons toutefois préféré le frein Wenger à air comprimé, parce que ce dernier agent de transmission est plus pratique et plus certain que l'électricité, et aussi parce que les Compagnies avec lesquelles notre réseau est en contact avaient toutes fait choix de l'air comprimé (1). »

Cette déclaration est très formelle et la réserve qu'elle contient n'en diminue pas la valeur, car ce n'est qu'une réminiscence du vieux préjugé de défiance contre l'électricité dont le Congrès des chemins de fer avait fait justice dès 1885, dans une résolution permettant de choisir dans chaque cas entre les appareils électriques et les appareils mécaniques, sans avoir égard à la légende des caprices de l'électricité (2).

D'ailleurs, l'immense développement qu'ont pris dans ces derniers temps les applications de cette électricité, que l'on croyait un fluide capricieux et subtil

(1) Voir la discussion dans le second volume du *Compte rendu de la troisième session du Congrès* et dans la *Lumière électrique* du 19 avril 1890, p. 123 et 124.

(2) Voir le *Compte rendu de la première session du Congrès*, question VI.

quand on n'avait pas encore appris à le maîtriser et à le conduire, ne permet pas plus aujourd'hui d'opposer la sûreté du freinage à l'air comprimé à l'incertitude du freinage électrique, qu'il n'est possible d'opposer la sûreté de l'éclairage au gaz à l'incertitude de l'éclairage électrique.

Ce serait d'ailleurs une erreur grave de croire que les freins à air actuellement en usage donnent une sûreté *absolue* et qu'ils ne se dérangent *jamais*. Un des freins à air comprimé dont l'emploi est le plus répandu, le Westinghouse automatique, est cependant un appareil compliqué, qui doit être manié par un machiniste habile pour que, notamment, l'air comprimé contenu dans les réservoirs de chaque voiture ne s'échappe pas complètement, ce qui mettrait les appareils de serrage hors d'état de fonctionner (1).

C'est d'ailleurs un lieu commun d'affirmer que si ce frein s'était présenté au début aux Administrations de chemins de fer avec ses complications actuelles, au lieu d'y être parvenu par quinze ans de perfectionnements incessants, il aurait eu à soulever d'autres préjugés encore que les appareils électriques.

Les freins à vide, plus simples en principe que les freins à air comprimé, ne procurent pas une sûreté plus grande. On se rappellera sans aucun doute l'accident auquel a donné lieu en mars dernier, dans la gare de Carlisle du *London and North Western Railway*, le *vacuum brake automatic*, qui cependant, d'après cette Compagnie, lui avait jusque-là donné toute satisfaction.

Voici dans quelles circonstances l'accident s'est produit (2) : Le matériel du train était muni du frein à vide automatique, mais comme l'application de ce frein au matériel n'est pas complète, le levier du machiniste était agencé de manière à pouvoir être disposé à volonté pour le vide non automatique. Le train descendait une pente, et le machiniste avait oublié, après le départ de la dernière gare, de rouvrir le petit éjecteur qui est destiné à entretenir le vide et qui avait été fermé momentanément pour éviter le bruit. En route, les freins se sont serrés, mais incomplètement. Lorsque le mécanicien s'est aperçu de son erreur, il a ouvert le grand éjecteur, ce qui a desserré les freins et accéléré la marche. Perdant alors la tête, il a renversé son levier pour la manœuvre non automatique, ce qui n'a appli-

(1) Voir l'article de M. Bonnin dans le *Génie civil* de mai dernier.

(2) On peut citer comme exemple que cet accident s'est produit avec des conséquences assez graves à deux reprises différentes depuis un an dans la station de Bruxelles-Nord, le 25 juillet 1889 (train n° 68) et le 24 juillet 1890 (train n° 22) ; le machiniste a été dans les deux cas réprimandé pour manœuvre maladroite. D'après le témoignage du personnel de l'exploitation, des chocs moindres se produisent assez souvent, au moment de l'entrée en gare, sans qu'ils aient d'autre inconvénient que de fatiguer le matériel.

qué les freins que sur la machine et son tender. C'est dans ces conditions désastreuses que le train est entré dans la gare de Carlisle.

On voit donc par cet exemple qu'un emploi maladroit des meilleurs appareils de frein est toujours possible et — remarquons-le en passant — qu'une double manœuvre est de nature à augmenter les causes d'erreur.

Le fonctionnement du frein Achard en service courant a d'ailleurs été très satisfaisant, comme on pouvait le prévoir. Les frais d'entretien ont été très faibles : l'usure des frettes de friction, qui ont 20 millimètres quand elles sont neuves, a été mesurée et trouvée de 1^{mm}25 par an.

Le frein Achard, tel qu'il a été essayé à l'État français, n'a cependant pas la qualité de l'automatisme, que l'on commence à tort ou à raison à considérer comme essentielle. Nous avons vu plus haut, d'après le rapport de l'« Interstate Commerce Commission », quels sont tous les avantages qu'on y attache en Amérique.

Pour répondre à cette objection, l'inventeur a cherché à produire une automatisme monitrice en doublant le conducteur général d'aller d'un fil spécial utilisant le même conducteur de retour. Ce fil sert à animer un avertisseur électrique dont le mouvement ne s'arrête que lorsqu'il se produit une rupture d'attelage.

Dans une autre disposition, une automatisme plus complète a été obtenue par l'emploi de deux dynamos identiques reliées par leurs pôles de même nom et animées, l'une par l'essieu du fourgon d'arrière, l'autre par l'essieu du fourgon d'avant. Les freins sont appliqués par une rupture d'attelage sur chacune des deux parties du train.

Frein électrique
Waldumer.

Deux nouveaux freins électriques à entraînement ont encore été expérimentés en Amérique depuis les essais de Burlington. Nous en avons aussi donné une description complète dans l'exposé que nous avons rédigé avec M. E. Sartiaux pour la session de 1889 du Congrès des chemins de fer. Le premier est le frein Waldumer (Walter-Duwelius), qui a été appliqué à un train du *Cincinnati Washington and Baltimore Railway* et qui a donné lieu à un rapport officiel très favorable du major Lewis Hosea, adressé au commissaire des chemins de fer de l'État d'Ohio, le 27 septembre 1887.

Le mécanisme du frein placé sous chaque voiture se compose d'un arbre horizontal servant de noyau à un électro-aimant enroulé dans un tambour indépendant, mais sur la surface intérieure duquel sont fixées des pièces polaires en fer doux parallèles aux génératrices du cylindre.

D'une part, l'arbre horizontal est relié par une chaîne sans fin à l'essieu d'une

paire de roues. D'autre part, le tambour commande par une seconde chaîne sans fin un treuil horizontal qui actionne les leviers du frein.

Il n'y a qu'un seul conducteur, les rails servant au retour du courant.

L'automatisme est réalisée, dans une certaine mesure, par une dynamo placée dans le fourgon de queue et empruntant son mouvement à un essieu dès que la rupture du conducteur général met hors d'action un relais qui la maintenait au repos.

Le second frein électrique à entraînement qui a été expérimenté aux États-Unis depuis 1887 est le frein Widdifield et Button, mis à l'essai sur le *Lehigh Valley Railroad* (janvier 1889). Dans ce système, le treuil qui commande le mécanisme des sabots prend directement son mouvement sur l'essieu d'une paire de roues au moyen d'une poulie de friction; mais il peut se déplacer légèrement, de façon à assurer le contact de la poulie ou à l'éloigner de l'essieu. Ce déplacement est réalisé par deux électro-aimants accolés, dont l'un produit le serrage, l'autre le desserrage du frein, et qui sont animés par trois conducteurs, le fil de retour étant commun.

Frein électrique
Widdifield
et Button.

On a cherché à obtenir l'automatisme par l'emploi de deux piles de même force, placées, l'une à l'arrière, l'autre à l'avant du train, et assemblées par leurs pôles de noms contraires, de manière à se faire normalement équilibre.

Enfin, il y a eu encore tout récemment quelques essais nouveaux. M. Timmis a équipé pour un chemin de fer russe un train avec des appareils d'éclairage et de freinage. Cependant, il ne s'agit encore que d'un train de voyageurs. Le principe du frein est original : un plateau est fixé à la partie interne des roues et un autre plateau, placé en regard, est fixé au châssis. Un fort électro-aimant produit l'adhérence des deux plateaux.

Autres freins.

Les expériences préliminaires avaient, paraît-il, été favorables, mais nous n'avons pas de renseignements sur les essais définitifs.

En résumé, les freins électriques, et particulièrement les freins électriques à entraînement, ont déjà donné lieu à des essais dignes de la plus grande attention. Ils possèdent naturellement une qualité qui leur permet de s'appliquer sans aucune modification à tous les trains, quelle que soit leur longueur : c'est l'instantanéité du serrage et du desserrage, qualité qui a apparu d'une façon frappante, même lorsque l'électricité n'intervenait absolument qu'à titre auxiliaire, comme dans les freins électro-électriques expérimentés à Burlington.

Comparaison
des nouveaux
freins à air et
des freins élec-
triques.

Certains ingénieurs prétendent que les freins à entraînement ne seraient plus instantanés pour des trains longs après un certain degré d'usure des sabots des roues, parce que la force vive du train, à laquelle on a recours pour effectuer le serrage, est nécessairement limitée. C'est une question à trancher par l'expérience; mais si la présomption était fondée, cela ne pourrait avoir d'autre conséquence que de faire supprimer le mécanisme d'enrayement et de déterminer des recherches dans la voie du freinage par l'action directe du courant, problème qui, au point de vue électro-technique, n'offre aucune difficulté.

Les nouveaux freins à air sont parvenus à remédier, dans une certaine mesure, au défaut inhérent à leur principe : la lenteur de la transmission; mais il faut un organe supplémentaire distinct pour augmenter la rapidité du serrage et celle du desserrage. Pour éviter de trop grandes complications, on s'est donc généralement borné à accroître la rapidité du serrage (frein Westinghouse), en cas d'arrêt d'urgence ou de rupture d'attelage, par l'emploi d'une valve qui reste inactive en temps ordinaire, lorsque l'échappement de l'air de la conduite générale a lieu graduellement par un robinet du mécanicien de forme spéciale. *Il y a alors deux manœuvres du frein : l'une rapide, mais qui doit obligatoirement être poussée jusqu'à l'arrêt, l'autre progressive, mais dont la lenteur réduit beaucoup l'efficacité.*

La double manœuvre d'un frein est toujours un inconvénient. Une méprise ou une erreur d'appréciation de la part du machiniste est toujours possible. L'État français a repoussé pour ce motif le frein Westinghouse, estimant que « le serrage rapide obligatoirement poussé jusqu'à l'arrêt est incompatible avec le service courant et les manœuvres de toute nature que l'on doit exécuter aux approches des gares et dans les gares ⁽¹⁾ ».

La solution à laquelle il s'est arrêté semble pourtant n'être pas meilleure. En effet, si le modèle du frein Wenger qu'il a adopté n'a plus qu'un seul mode de manœuvre, en revanche, ce n'est plus, à proprement parler, un frein rapide, puisque, dans un des essais dont nous avons donné plus haut le diagramme, « avec une vitesse initiale de 67 kilomètres en pente de 10 millimètres, l'arrêt a été obtenu sur un parcours de 360 kilomètres. Pour une vitesse de 45 kilomètres avec la même déclivité, c'est-à-dire dans les conditions les plus rigoureuses qu'on doive prévoir pour un train de grande longueur, le parcours eût été un peu inférieur à 200 mètres. *C'est à peu près la moitié de l'effet du Westinghouse rapide, le double de celui du Westinghouse progressif* ⁽¹⁾ ».

(1) Note de M. Desdouits déjà citée.

Cependant, comme le fait très justement observer M. Westinghouse dans un cahier qu'il a publié, les essais de Burlington de 1886 et 1887 ont mis en évidence que la rapidité est une condition tout à fait essentielle pour les freins des trains de grande longueur, afin de ne pas s'exposer sans cesse en service courant au danger de secousses trop violentes ni au bris de matériel. Si la nécessité de cette qualité n'a pas apparu d'une façon aussi essentielle dans les essais de l'État français, c'est que les ingénieurs ne se sont pas préoccupés de ce qui arriverait dans le cas où un tuyau crèverait, « accident toujours à redouter, dit M. Westinghouse, car il n'est pas possible de garantir absolument la solidité d'un boyau et d'ailleurs l'emploi de freins continus, de quelque système que ce soit, n'exclut pas la possibilité de la rupture exceptionnelle d'un attelage, et la rupture du train aurait le même effet que la rupture d'un boyau ».

Dans les arrêts d'urgence faits à Burlington, avec le frein Westinghouse ordinaire pour se mettre dans les conditions d'un pareil accident, les wagons se sont précipités les uns sur les autres, brisant les attelages et produisant des secousses terribles, auxquelles le matériel ne pouvait résister.

Le tableau suivant montre d'une manière frappante combien les freins progressifs (tels que le Westinghouse rapide manœuvré en service courant et le Wenger des trains de marchandises) ont une faible efficacité lorsqu'on les compare aux freins rapides (Westinghouse rapide manœuvré pour l'arrêt rapide définitif) et surtout aux freins électriques dans lesquels l'électricité n'intervient même qu'à titre auxiliaire pour ouvrir les soupapes d'échappement de l'air comprimé sur chaque voiture (frein aéro-électrique Carpenter).

CHEMINS DE FER.	ÉPOQUE ET DÉSIGNATION DES ESSAIS (TOUT LE TRAIN FREINÉ).	Pente ou palier.	Vitesse		Efficacité (%).
			initiale.	Distance parcourue avant l'arrêt.	
	<i>Westinghouse, serrage rapide.</i>		Kilomètres.	Mètres.	
Saint-Louis . . .	1888	Palier.	32	54	7.5
Pittsburgh . . .	—	—	64	205	7.9
État français . .	1889. Arrêt en pente de 16 millimètres entre Bouvay et Mondoubleau	Pente de 10 millimètres.	45	100	9.0
État belge	1890 (11 juillet). Arrêt n° 4, à Baesrode . . .	"	51	149	6.9
	<i>Westinghouse, serrage à fond sans action rapide.</i>				
État belge	1890 (11 juillet). Arrêt n° 11, à Boortmeers- beek	"	47	276	3.1

(1) D'après la formule de Kapteyn, $sc = 0.300 \frac{v^2}{d} \pm \epsilon (0.1)$.

CREMINS DE FER.	ÉPOQUE ET DÉSIGNATION DES ESSAIS (TOUT LE TRAIN FREINÉ).	Pente ou palier.	Vitesse initiale.	Distance parcourue avant arrêt.	Efficacité.
État français . . .	Wenger avec accélérateurs, serrage rapide	Pente de 10 millim.	Kilomètres.	Mètres.	8.2
	1889. Arrêt dans la pente de Mondoubleau.		52	148	
État français . . .	Wenger sans accélérateurs.	Pente de 10 millim.	673	300	5.9
	1890 3 mil'. Arrêt dans la pente de Mondoubleau				
Ouest français . . .	Westinghouse ordinaire.	Palier.	60	143	9.9
	Moyenne de nombreuses expériences	—	50	99	
	Carpenter électro-électrique.	—	40	63	
Burlington	1887	Palier.	32	34	11.8
			64	137	
État français	1885	Palier.	40	49	13.7
			50	73	
			60	103	

Conclusion de la comparaison.

On peut hardiment conclure qu'au point de vue technique, la solution à laquelle les freins à air sont parvenus n'est pas définitive et que c'est dans la voie de l'électricité que l'on doit, avec les plus grandes chances de succès, tenter des recherches pour trouver un appareil présentant à la fois le maximum d'efficacité et de simplicité.

Nous examinerons plus loin le programme des conditions à remplir par l'appareil dont il s'agit.

CHAPITRE II.

Avantages de l'électricité au point de vue pratique pour le freinage des trains de marchandises.

La simplicité technique entraîne l'avantage d'un prix peu élevé.

Nous venons de voir que les freins électriques ont sur tous les autres l'avantage de la simplicité. C'est là, certes, un avantage technique, mais c'est aussi un avantage pratique, car l'appareil le plus simple sera aussi le moins cher.

Autres considérations pratiques à examiner.

Nous rencontrerons les autres avantages pratiques des freins électriques en reprenant les raisons qui sont invoquées par les adversaires de l'application des

freins continus aux trains de marchandises, et que nous avons énumérées dans l'introduction :

- 1° La faible vitesse des trains de marchandises;
- 2° La difficulté de trouver pour des trains de 50 wagons un bon frein continu répondant à toutes les exigences techniques;
- 3° La nécessité d'une action commune de la part des très nombreuses Compagnies qui échangent du matériel et la difficulté, dans la période de transition, de l'intercalation de véhicules étrangers;
- 4° La dépense considérable de capital à faire, dépense qui resterait en partie improductive tant que la mesure n'aurait pas reçu une grande extension et que tous les wagons ne seraient pas munis au moins de conduites d'accouplement.

Nous avons répondu à la première objection dans l'introduction même et à la deuxième dans le chapitre précédent.

Nous allons démontrer que le frein électrique seul est capable de résoudre les deux dernières.

Remarquons d'ailleurs, en passant, qu'il n'y a lieu d'avoir égard à aucune autre considération, car les trains mixtes, comme nous l'avons déjà constaté, tendent à disparaître et par conséquent le choix que nous avons à faire ne doit nullement être influencé par la solution déjà adoptée pour le matériel à voyageurs.

Si nous examinons d'abord la troisième objection, nous apercevons immédiatement qu'au point de vue de l'intercalation facile de véhicules étrangers, les freins électriques possèdent une qualité précieuse : c'est que la continuité de leur action est assurée par un simple câble, dont le placement, soit d'urgence, soit à demeure, sur des véhicules non freinés, serait évidemment plus facile et plus économique que celui d'un tuyau de 45 millimètres de diamètre extérieur (Wenger) ou même de 41 millimètres (Westinghouse). De pareils boyaux sont pénibles à manœuvrer et à fixer sous les véhicules; ils sont volumineux et d'un emmagasinage difficile; enfin ils sont d'un prix élevé (1).

Cette qualité des freins électriques permettrait aussi de disséminer plus facilement, dans la période de transition, les véhicules freinés d'un train dans la composition duquel entreraient des wagons de diverses provenances. Actuellement, en Amérique, les wagons munis de freins à air se mettent derrière la locomotive

Il n'y a pas lieu de considérer la solution adoptée pour le matériel à voyageurs.

La continuité de l'action des freins électriques est assurée par un simple câble. Avantages dans la période de transition au point de vue de l'application gratuite et à celui de l'entente avec les réseaux voisins.

(1) Le prix est de 154 francs, placement compris, pour le Westinghouse.

à côté l'un de l'autre, à cause précisément de la difficulté de placer les conduites nécessaires pour les répartir dans toute la longueur du train. Or, la *Railway Review* signalait, dans son numéro de mai dernier, les craintes très sérieuses qu'inspire cette manière de procéder. Si une scission se produisait sur une pente, la partie d'avant, étant arrêtée brusquement, serait en effet tamponnée par la partie d'arrière, munie de freins à main difficilement manœuvrés.

Indépendamment de cette question de sécurité, la facilité de l'intercalation de véhicules étrangers permettrait d'obtenir plus facilement un accord avec les Compagnies voisines à l'origine de la réforme.

Le frein électrique appliqué comme frein semi-continu. Avantages au point de vue du capital à dépenser, dont l'intérêt serait couvert par l'économie annuelle de personnel à réaliser.

Elle donnerait aussi, comme nous allons le voir, le moyen d'appliquer celle-ci d'une manière graduelle en faisant réaliser immédiatement une économie annuelle de personnel correspondant à l'intérêt du capital à dépenser, ce qui leverait entièrement la dernière objection.

Supposons, par exemple, un train de 50 wagons de 10 tonnes chargés circulant sur une pente de 12 millimètres. Il est actuellement freiné par un fourgon lesté et 4 wagons de 10 tonnes chargés. Un serre-frein est placé dans le fourgon, et 2 serre-freins auxiliaires manœuvrent les autres freins accolés deux à deux.

En remplaçant les cinq freins à main d'un pareil train par dix freins électriques, on aurait à sa disposition une force de freinage double, et l'on pourrait supprimer tous les serre-freins. Il est vrai que cette suppression aurait pour conséquence une légère augmentation du nombre de visiteurs à poste fixe.

Il est facile d'évaluer l'économie qui résulterait sur le réseau de l'État belge de la généralisation d'une pareille mesure.

Les dépenses de freinage en salaires sont évalués (*) à :

0 ^{fr} -0049 par train-kilomètre de voyageurs . . .	} différence : 0 ^{fr} -07608
0 08098 — de marchandises . . .	

On peut admettre que l'application de freins semi-continus aux trains de marchandises réduirait les dépenses de ces trains à ce qu'elles sont actuellement pour les trains de voyageurs : on ferait donc par train-kilomètre une économie égale à la différence des deux chiffres indiqués. L'économie totale annuelle serait de $0^{\text{fr}}-07608 \times 17,484,878$ trains-kilomètres = 1,330,250 francs.

(*) L'évaluation résulte d'un travail spécial de la direction de la traction fait en 1887, après la suppression des serre-freins des trains de voyageurs.

On arrive à un chiffre quelque peu supérieur (1,652,000 francs) en supposant que la mesure aurait pour effet la suppression de tous les serre-freins (il y en a actuellement 1,180) et que le salaire de chacun d'eux soit en moyenne de 1,400 francs par an (indemnités comprises).

Nous admettons le plus bas des deux chiffres. Mais il faut en déduire la dépense en plus provenant de l'augmentation du nombre des visiteurs à poste fixe dans le rapport de 61 à 175 ⁽¹⁾. L'économie de 1,330,250 francs, correspond à la suppression de 950 serre-freins (à 1,400 francs). Il y aurait donc $\frac{950 \times 61}{175} = 331$ visiteurs nouveaux, soit une dépense en plus de 364,100 francs. L'économie serait donc réduite à 966,000 francs par an environ.

Un frein électrique, le frein Achard, coûte actuellement 725 francs par wagon, dont 525 francs pour la timonnerie. Nous pouvons admettre ce chiffre, car si la nécessité de l'automatisme l'augmente un peu, on peut espérer aussi que la fabrication en gros le réduira de sorte qu'il y ait compensation. Il faut ajouter 1,500 francs pour l'appareil placé sur la locomotive et 20 francs par conducteur électrique volant, placé sur chaque véhicule non freiné.

L'effectif du matériel à *marchandises* de l'État belge était, fin 1889, de :

- 920 locomotives,
- 684 fourgons,
- 13,797 véhicules freinés,
- 26,799 autres véhicules.

⁽¹⁾ Comme il y a actuellement déjà plus d'un tiers du matériel muni de freins, il suffirait d'en augmenter le nombre de 2,600 unités par exemple, pour obtenir une semi-continuité.

La dépense s'établirait donc comme suit :

920 × 1,500 fr.	=	1,380,000
13,797 + 684 = 14,481 × 200. . .	=	2,896,200
2,600 × 725	=	1,885,000
22,199 × 20	=	443,980
		<hr/>
		6,605,180

soit 6,600,000 francs, en chiffres ronds.

⁽¹⁾ Ce rapport est celui qui a été produit officiellement à la Chambre, dans la discussion du budget de 1890, pour les lignes principales sur lesquelles les serre-freins des trains de voyageurs avaient été supprimés. Il est trop fort, car il a été dit également que sur les lignes secondaires, cette suppression n'avait entraîné aucune augmentation du personnel des visiteurs.

Certes, l'intérêt et l'amortissement de ce capital, augmenté des frais d'entretien, ne dépasserait pas 13 p. c. par an, soit 858,000 francs par an.

Il resterait donc encore un bénéfice direct en argent de 966,000 — 858,000 = 108,000 francs par an. Mais il ne faut pas oublier les économies indirectes à attendre de la diminution des chocs, des ruptures d'attelages, des collisions, des bris de matériel et des accidents de toute nature, ainsi que de l'augmentation de la vitesse à la descente des rampes et de la longueur des trains, de la réduction de l'usure des roues, etc.

Nous avons montré plus haut combien l'application progressive d'un frein à air comprimé serait difficile au point de vue de l'intercalation des véhicules étrangers.

La dépense de 154 francs par wagon pour un simple tuyau d'accouplement serait d'ailleurs déjà bien considérable pour en faire une dépense provisoire.

Si donc au lieu de s'en tenir à un frein électrique semi-continu on adoptait le frein Westinghouse, il serait bon de l'appliquer le plus tôt possible à tous les wagons. La dépense totale serait :

920 × 1,827 ⁽¹⁾ fr.	=	1,680,840
14,481 × 490 ⁽²⁾	=	7,095,690
26,799 × (490 × 525)	=	27,200,985
		<u>35,977,515</u>

soit une dépense en plus de capital de 35,900,000 — 6,600,000 = 29,300,000 fr.

Conclusion.

Nous pouvons conclure qu'au point de vue pratique comme au point de vue technique, le frein électrique a une supériorité certaine sur tout autre frein à air, pour le freinage des trains de marchandises, et cela par le fait seul que la continuité de son action est assurée par un simple câble.

CHAPITRE III.

Programme d'un frein électrique.

Après avoir montré combien le frein électrique est supérieur à tout autre au point de vue technique et au point de vue pratique pour les trains de grande

⁽¹⁾ Ce prix est, suivant le type de machines, de 1,700, 1,765 ou 2,015 francs; 1,827 francs est la moyenne de ces trois prix. Il est de 200 francs plus élevé que celui du frein non rapide.

⁽²⁾ Montage compris. Ce chiffre se décompose comme suit : Appareils spéciaux du frein : 300 francs; fondation spéciale du frein : 140 francs; montage : 50 francs.

longueur, après avoir prouvé qu'il peut seul soulever les objections que l'on a jusqu'ici opposées à l'extension du freinage continu aux trains de marchandises et réaliser cette réforme sans dépense réelle, il nous reste à étudier un programme de frein électrique répondant à toutes les exigences.

Tout d'abord, une question essentielle se pose ici : Le frein électrique pour trains de marchandises doit-il être automatique?

Certes, tous les ingénieurs sont encore loin d'être d'accord sur la nécessité de cette qualité. Le frein Smith-Hardy employé par le chemin de fer du Nord ne la possède pas, et il ne semble pas qu'il en soit résulté de bien grands inconvénients. Beaucoup de bons esprits croient d'ailleurs qu'une des principales qualités de l'automatisme, c'est de donner au mécanicien l'assurance que son frein est prêt à fonctionner.

Cependant, l'automatisme complète, telle qu'elle est réalisée dans la plupart des freins à air en usage pour les trains de voyageurs, gagne tous les jours plus de partisans. Nous avons vu, en parlant du rapport de l'« Interstate Commerce Commission », quelle importance on attache aux États-Unis aux avantages qu'elle procure même pour les trains de marchandises.

Il n'est donc point douteux que la réponse à notre question ne doive être affirmative : il faut que le frein électrique possède l'automatisme la plus complète possible, c'est-à-dire que non seulement les deux moitiés d'un train, mais chaque voiture isolée s'arrête d'elle-même en cas de rupture d'attelage.

Aucun des freins électriques que nous avons décrits plus haut ne répond à ce desideratum ; seul, le frein Achard, sous sa première forme, y satisfaisait au moyen de piles placées sur chaque voiture. Or, cette dernière solution est actuellement inadmissible pour les trains de marchandises, à cause des difficultés de toute nature qu'entraîneraient le chargement, l'entretien et le renouvellement de batteries sur chaque wagon d'un réseau.

Voici, d'après nous, le programme d'un appareil qui répondrait à toutes les exigences :

1° Les freins seraient, au repos, maintenus serrés sur chaque voiture au moyen de ressorts ou de contrepoids ;

2° Une dynamo motrice sur chaque voiture, mise en action par une dynamo génératrice placée sur la locomotive, pourrait à volonté contrebalancer l'action des ressorts de manière à desserrer les freins ;

3° Le desserrage une fois obtenu, les freins seraient maintenus dans cette

position par un enclenchement électrique animé par un courant faible, mais constant, circulant dans le même circuit que celui des dynamos motrices, de sorte que la rupture du conducteur général serrerait automatiquement les freins de chaque voiture.

Il est évident que l'on pourrait aussi borner l'action de l'électro-moteur de chaque voiture à mettre en mouvement un mécanisme d'entraînement pour faire équilibre aux ressorts.

Dans les deux cas, rien ne serait plus facile que d'obtenir la modérabilité du frein; il suffirait pour cela de graduer le courant électrique à volonté, ce que l'on peut faire soit en agissant sur l'admission de vapeur du moteur de la dynamo génératrice, soit en employant des résistances graduées. L'expérience a démontré, en ce qui concerne le frein Achard, que ce moyen est parfaitement efficace.

Bruxelles, le 1^{er} décembre 1890.